

⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3210629 A1

⑬ Int. Cl. 3:
G 02 F 1/29

DE 3210629 A1

⑩ Unionspriorität: ⑩ ⑩ ⑩

24.03.81 JP P42769-81

12.05.81 JP P71231-81

⑪ Aktenzeichen:
⑫ Anmeldetag:
⑬ Offenlegungstag:

P 32 10 629.7

23. 3. 82

28. 10. 82

⑭ Anmelder:

Canon K.K., Tokyo, JP

⑮ Vertreter:

Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühlung, G., Dipl.-Chem.; Kinne, R.,
Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anw., 8000 München

⑯ Erfinder:

Nishimoto, Yoshifumi, Machida, Tokyo, JP

⑰ Linse mit variabler Brennweite

Beschrieben wird eine neuartige Ausbildung einer Linse mit variabler Brennweite. Ein elektrisches Feld mit einer Intensitätsverteilung, das in einer Ebene senkrecht zu der Richtung des einfallenden Lichts geneigt ist, wird an einen elektrooptischen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit Linsenwirkung in dem Kristall angelegt. Die Brennweite der Linsenwirkung wird durch Ändern des angelegten elektrischen Feldes geändert.
(32 10 629)

TIEDTKE - BÜHLING - KINNE
 GRUPE - PELLMANN - GRAMS

Patentanwälte und
 Vertreter beim EPA
 Dipl.-Ing. H. Tiedtke
 Dipl.-Chem. G. Bühling
 Dipl.-Ing. R. Kinne
 Dipl.-Ing. P. Grupe
 Dipl.-Ing. B. Pellmann
 Dipl.-Ing. K. Grams



Bavariaring 4, Postfach 202403
 8000 München 2
 Tel.: 089-539653
 Telex: 5-24845 tipat
 cable: Germaniapatent München
 23. März 1982
 DE 1986

10

Patentansprüche

1. Linse mit variabler Brennweite des Typs, bei dem
 ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektroopti-
 schen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexvertei-
 15 lung mit Linsenwirkung angelegt wird, und die Brennweite
 der Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen
 Felds geändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das elec-
 trische Feld in Richtung parallel zu der Einfallsrichtung
 des Lichts auf den elektrooptischen Kristall angelegt
 20 wird.

2. Linse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
 das elektrische Feld mittels Ringelektroden (22) angelegt
 wird, die auf der Oberfläche des elektrooptischen Kri-
 25 stalls (21) senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichts
 (28) vorgesehen sind.

3. Linse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
 das elektrische Feld über eine transparente elektrolei-
 30 tende Materialschicht (32) angelegt wird, die kontinuier-
 lich auf der Oberfläche des elektrooptischen Kristalls
 (21) senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichts aufgetra-
 gen ist.

35 4. Linse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
 gekennzeichnet, daß eine Polarisationseinrichtung (25)
 im optischen Weg des einfallenden Lichts (28) angeordnet
 ist.

1 5. Linse mit variabler Brennweite des Typs, bei dem
ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen
Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit
einer Linsenwirkung angelegt wird, und die Brennweite der
5 Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen
Felds geändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das elek-
trische Feld in Richtung parallel zu der Richtung des ein-
fallenden Lichts an den elektrooptischen Kristall ange-
legt wird, und daß die Linse eine Polarisationseinrichtung
10 und eine Einrichtung zum Drehen der Richtung der Polari-
sation der Polarisationseinrichtung aufweist, die in dem
optischen Weg des einfallenden Lichts vorgesehen sind.

15 6. Linse mit variabler Brennweite des Typs, bei dem
ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen
Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit
einer Linsenwirkung angelegt wird, und die Brennweite der
Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen
Felds geändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Lin-
20 se einen elektrooptischen Kristall (21), eine Vielzahl von
ringförmigen Elektroden (22), die auf der Oberfläche des
Kristalls senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichts vor-
gesehen sind, eine transparente Isolationsschicht (29),
die die Ringelektroden bedeckt, eine Vielzahl von Lei-
25 tungsdrähten (23), die auf der Oberfläche der Schicht ge-
genüber den Ringelektroden vorgesehen sind und die mit den
entsprechenden Ringelektroden durch in der transparenten
Isolationsschicht vorhandene Durchgangslöcher verbunden
sind, und einen Energiequellenteil aufweist, der an die
30 entsprechenden Leitungsdrähte eine variable Spannung an-
legt, um in dem elektrooptischen Kristall eine Verteilung
des elektrischen Felds in der Ebene senkrecht zu der Ein-
fallsrichtung des Lichts zu erzeugen.

35 7. Linse nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß der Energiequellenteil aus einer variablen Spannungs-
quelle (27) und einer Vielzahl von parallelgeschalteten
Widerständen zwischen den Leitungsdrähten auf der Ober-

3210629

3210629

-3-

DE 1986

1 fläche der transparenten Isolationsschicht an der Leitungsdrähtseite besteht.

5

10

15

20

25

30

35

TIEDTKE - BÜHLING - KINNE
GRUPE - PELLMANN - GRAMS

Patentanwälte und
Vertreter beim EPA
Dipl.-Ing. H. Tiedtke
Dipl.-Chem. G. Bühling
Dipl.-Ing. R. Kinne
Dipl.-Ing. P. Grupe
Dipl.-Ing. B. Pellmann
Dipl.-Ing. K. Grams



-4-

Bavariaring 4, Postfach 202403
8000 München 2
Tel.: 089 - 53 96 53
Telex: 5-24 845 tipat
cable: Germaniapatent München
23. März 1982
DE 1986

Canon Kabushiki Kaisha

10

Tokyo, Japan

15

Linse mit variabler Brennweite

Die Erfindung bezieht sich auf eine Linse mit variabler Brennweite.

Bei bekannten optischen Systemen von Objektiven mit variabler Brennweite, die allgemein als Zoomobjektive bezeichnet werden, wird die Änderung der Brennweite dadurch erreicht, daß eine bestimmte Linsengruppe oder Linsengruppen längs der optischen Achse bewegt wird, wodurch der Abstand zwischen den Linsengruppen geändert wird.
Das Linsensystem benötigt deshalb einen Bewegungsmechanismus zur Bewegung der Linsengruppen. Derartige Bewegungsmechanismen sind jedoch nicht zufriedenstellend schnell und erlauben keine Änderung der Brennweite mit hoher Geschwindigkeit sowie die Verringerung der Größe und der Herstellungskosten.

Zur Lösung dieses Problems ist vorgeschlagen worden, den elektrooptischen Effekt zu verwenden. In der japanischen Patentveröffentlichung 615/1974 ist eine Linse mit variabler Brennweite beschrieben, bei der ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen Kristall zur Steuerung der Linsenwirkung des Kristalls mittels eines

1 elektrischen Signals angelegt wird. Bei dieser Art von
Linsen mit variabler Brennweite ist die Verringerung der
Größe und eine Änderung der Brennweite mit hoher Geschwin-
digkeit sichergestellt.

5

Die Fig. 1 und 2 zeigen diesen Stand der Technik. In Fig. 1 ist mit 1 ein elektrooptischer Kristall beispielsweise aus LiTaO₃ bezeichnet; 2 bis 5 sind zylindrische Elektroden, an die ein elektrisches Feld derart angelegt 10 wird, daß die Elektroden 2 und 3 positiv und die Elektroden 4 und 5 negativ werden. Das elektrische Feld Ez in Richtung der z-Achse in Fig. 1 zeigt eine spezielle Verteilung des elektrischen Feldes auf der y-Achse, wobei das elektrische Feld Ez niedriger an und bei dem Mittelpunkt des Kristalls und höher an den Seiten bzw. Kanten des Kristalls wird. Wenn in Richtung der z-Achse polarisiertes Licht in den elektrooptischen Kristall eintritt, wird unter diesen Bedingungen die Verteilung des Brechungsindex bezüglich der Richtung der y-Achse derart, 15 daß der Brechungsindex maximal im Mittelabschnitt ist und allmählich hin zu den Endabschnitten der y-Achse abnimmt. Aufgrund dieses speziellen Gradienten des Brechungsindex auf der y-Achse wird das einfallende Licht zur Mitte des Kristalls konzentriert. Anders ausgedrückt 20 wirkt der Kristall wie eine Zylinderlinse für in Richtung der z-Achse polarisiertes Licht mit einer Brechkraft in Richtung der y-Achse. Die Brennweite der Zylinderlinse kann dadurch geändert werden, daß die zwischen den zylindrischen Elektroden angelegte Spannung geändert wird.
25

30

Fig. 2 zeigt eine zweidimensional zusammengesetzte Linse (Objektiv), die nach dem vorstehend erläuterten Konzept hergestellt ist.

35 Mit 6 und 8 in Fig. 2 sind Zylinderlinsen bezeichnet, die beide aus einem elektrooptischen Kristall hergestellt sind. Die Zylinderlinsen 6 und 8 unterscheiden sich von einander hinsichtlich der Richtung der Achse, längs der

1 der Brechungsindex variiert. Mit 7 ist eine Halbwellenplatte zur Drehung lediglich der Polarisationsebene um 90° ohne Änderung des Musters bezeichnet.

5 Das vorstehend beschriebene Objektiv variabler Brennweite gemäß dem Stand der Technik hat jedoch einige Nachteile.

10 Als erstes ist es schwierig zylindrische Elektroden in einem elektrooptischen Kristall vorzusehen, wie in Fig. 1 gezeigt. Hiermit ist eine wesentliche Kostenerhöhung verbunden.

15 Zweitens ist es durch keine Einrichtung möglich, eine Linse mit negativer Brechkraft also eine sogenannte Konkavlinse herzustellen.

20 Drittens ist es, wenn eine zweidimensionale Linse (zweidimensional wirkende Linse) hergestellt werden soll, absolut notwendig, zwei derartige Linsen zu verwenden (wie in Fig. 2 gezeigt), was nachteilig für den kompakten Aufbau einer zweidimensionalen Linse ist. Ferner führt dies zu einer Erhöhung der Kosten.

25 Ein weiterer Weg zu einer Linse mit variabler Brennweite, die einen elektrooptischen Kristall verwendet, ist in "Experimente an Lichtablenkelementen und Linsen variabler Brennweite durch Anlegen eines geneigten elektrischen Felds an einen elektrooptischen Kristall" von M. Sakaguchi (Proceedings of the 1975 National Meeting of Japanese Electronic Communication Society, 864, 1975). Dieses Linsensystem ist in Fig. 3 gezeigt.

35 In Fig. 3 ist mit 11 ein elektrooptischer Kristall, beispielsweise aus LiTaO₃, und mit 12_{-n}, ... 120, 121, ..., 12n schlitzförmige Elektroden bezeichnet. Mit 13 ist eine ebene Elektrode und mit 14 Leitungsdrähte bezeichnet. Mittels des Leitungsdrähts 14 wird an den Kristall 11 ein

1 elektrisches Feld mit nährungsweise quadratischer (rechteckförmiger) Verteilung vom Mittelpunkt zum Ende durch die schlitzförmigen Elektroden 12-n, ..., 120, 121, ..., 12n angelegt. Auf diese Weise wird eine Brechungsindex-
5 verteilung realisiert, die Linsenwirkung auf in Richtung der z-Achse polarisiertes Licht hat. Durch Ändern des elektrischen Felds, das angelegt wird, wird eine eindimensionale Linse mit variabler Brennweite erhalten. Bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel können die Elektroden
10 auf einfache Weise unter Verwendung eines bekannten Herstellungsverfahrens für Metallelektroden, wie des "Sputter"-Verfahrens hergestellt werden. Ferner hat diese Linse den weiteren Vorteil, daß eine konkave Linse lediglich dadurch erzielt werden kann, daß die Verteilung des
15 an die schlitzförmigen Elektroden angelegten elektrischen Felds umgekehrt wird.

Das in Fig. 3 gezeigte Beispiel ist jedoch auf eine eindimensionale Linse beschränkt und kann nicht bei Linsen mit variabler Brennweite mit zweidimensionaler Linsenwirkung verwendet werden. Zusätzlich sind die in den Fig. 1 bis 3 gezeigten bekannten Anordnungen übereinstimmend nachteilig beim Erzielen einer Linse mit großer Öffnung. Der Grund hierfür ist, daß bei den bekannten Anordnungen das elektrische Feld in Richtung senkrecht zur Richtung des einfallenden Lichts angelegt wird und deshalb die Intensität des elektrischen Felds abnimmt, wenn die Einfallsebene zunimmt, wenn der Abstand zwischen den Elektroden vergrößert wird. Aus diesem Grunde ist es bei
25 der Realisierung einer Linse mit großer Öffnung gemäß dem Stand der Technik erforderlich, höhere Spannungen anzulegen, um eine ausreichende Intensität des elektrischen Felds zu erzielen.

35 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Linse variabler Brennweite zu schaffen, die kompakt ist und eine zweidimensionale Linsenwirkung hat. Ferner soll eine Linse mit variabler Brennweite und großer Öffnung geschaffen werden,

1 bei der keine hohe Spannung erforderlich ist.

Erfindungsgemäß wird eine Linse variabler Brennweite geschaffen, bei der ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit einer Linsenwirkung angelegt wird und die Brennweite der Linsenwirkung durch Ändern des angelegten elektrischen Felds geändert wird, wobei das elektrische Feld an den elektrooptischen Kristall in einer Richtung parallel zur Einfallsrichtung des Lichts auf den elektrooptischen Kristall angelegt wird. Auf diese Weise wird erfindungsgemäß eine Verteilung des Brechungsindex mit einer zweidimensionalen Linsenwirkung mit einem einzigen elektrooptischen Kristall dadurch erzielt, daß ein elektrisches Feld an den Kristall in einer Richtung parallel zur Einfallsrichtung des Lichts angelegt wird, so daß ein elektrisches Feld mit einer in zweidimensionaler Richtung variierenden Intensitätsverteilung innerhalb der Ebene erzeugt wird, die senkrecht auf der Lichteinfallsrichtung steht. Bei der erfindungsgemäßen Ausbildung der Linse mit variabler Brennweite hängt die Intensität des elektrischen Felds von der angelegten Spannung und der Dicke des elektrooptischen Kristalls in Lichteinfallsrichtung ab, wird jedoch nicht durch die Öffnung der Linse beeinflußt. Deshalb ist eine große Linsenöffnung mit einer niedrigen Spannung erzielbar.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 perspektivisch eine Linse variabler Brennweite unter Verwendung eines elektrooptischen Kristalls mit zylindrischen Elektroden gemäß dem Stand der Technik,

35

Fig. 2 perspektivisch eine zweidimensionale Linse, die zwei der in Fig. 1 gezeigten Linsen mit variabler Brennweite verwendet,

1 Fig. 3 perspektivisch ein weiteres Beispiel für den
Stand der Technik einer eindimensionalen Linse mit variab-
ler Brennweite, bei der ein geneigtes elektrisches Feld
mittels Schlitzelektroden an einen elektrooptischen Kri-
5 stall angelegt wird,

Fig. 4 perspektivisch ein erstes Ausführungsbeispiel
der Erfindung, bei dem ein geneigtes elektrisches Feld
an einen elektrooptischen Kristall in einer Richtung pa-
10 rallel zur Einfallrichtung des Lichts zur Erzeugung ei-
ner zweidimensionalen Linsenwirkung angelegt wird,

Fig. 5 eine Teildarstellung des Energieversorgungs-
teils zur Versorgung des geneigten elektrischen Felds bei
15 dem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung,
bei dem eine transparente Isolationsschicht zur Erleich-
terung der Herausführung der Leitungsdrähte verwendet
20 wird,

Fig. 7 eine Ansicht der Elektroden auf der Oberfläche
des elektrooptischen Kristalls bei dem dritten Ausfüh-
rungsbeispiel,
25

Fig. 8 ein Querschnitt durch den elektrooptischen
Kristall bei der Linie A-A' in Fig. 7, und

Fig. 9 perspektivisch ein fünftes Ausführungsbei-
30 spiel der Erfindung, bei dem als Anlageeinrichtung für
das geneigte elektrische Feld eine kontinuierliche Be-
schichtung des transparenten elektroleitenden Materials
verwendet wird, die auf der Oberfläche des elektroopti-
schen Kristalls aufgebracht ist.

35 Fig. 4 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Er-
findung. In Fig. 4 ist mit 21 ein Kristall aus KH_2PO_4
bezeichnet, der einen linearen elektrooptischen Effekt

1 (Pockels Effekt) zeigt; 22 ist ein erster transparenter
 Elektrodenteil, der eine Vielzahl von konzentrischen ring-
 förmigen transparenten Elektroden 22₁, 22₂ 22_n auf-
 weist, 23 ist ein Leitungsdräht, 24 ein zweiter transpa-
 renter Elektrodenteil, der planar ist und 25 eine Polari-
 sationsplatte.

Wie allgemein bekannt ist, hat ein elektrooptischer
 KH₂PO₄ eine Drehinversionsachse (als z-Achse bezeichnet)
 10 und zwei Drehachsen (als x-Achse und y-Achse bezeichnet).
 Die z-Achse stimmt mit der optischen Achse überein.

Wenn ein externes elektrisches Feld Ez an den Kri-
 stall längs der z-Achse angelegt wird, ändert sich das
 15 Indexellipsoid des Kristalls, das durch

$$\frac{x^2}{n_o^2} + \frac{y^2}{n_e^2} + \frac{z^2}{n_e^2} + 2\gamma_{63}E_z xy = 1 \quad \dots \dots \quad (1)$$

20 dargestellt wird; hierbei ist n_o der Hauptbrechungsindex
 in x- und y-Richtung, n_e der Hauptbrechungsindex in z-
 Richtung und γ₆₃ eine elektrooptische Konstante.

25 Wenn die x-Achse und die y-Achse um 45° in die x'-
 Achse und y'-Achse gedreht werden, wobei z' = z aufrecht-
 erhalten wird, sind die Koordinaten n_{x'} und n_{y'}, an de-
 nen das Indexellipsoid die x'-Achse bzw. die y'-Achse
 schneidet, gegeben durch:

30

$$n_x' = n_o - \frac{n_o^3}{2} \gamma_{63} E_z \quad \dots \dots \quad (2)$$

$$n_y' = n_o + \frac{n_o^3}{2} \gamma_{63} E_z \quad \dots \dots \quad (3)$$

35

1 Wenn die Ausbreitungsrichtung durch den Kristall, in dem das elektrische Feld in z-Richtung angelegt ist, die z = z'-Achse ist, ist es möglich, daß das Licht lediglich in Richtung der x'- und y'-Achsen polarisiert ist.

5 Die Brechungsindizes n_x' und n_y' des polarisierten Lichts in x'-Richtung und y'-Richtung sind durch die Gleichungen (2) und (3) gegeben.

Deshalb ist für in x'-Richtung und y'-Richtung polarisiertes Licht die Änderung des Brechungsindex $\Delta n_x'$ und $\Delta n_y'$ durch das angelegte elektrische Feld Ez in z-Richtung gegeben durch:

$$15 \quad \Delta n_x' = - \frac{n_0^3}{2} \gamma_{63} E_z \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

$$\Delta n_y' = + \frac{n_0^3}{2} \gamma_{63} E_z \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

20 Bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Polarisationsrichtung der Polarisationsplatte 25 in Richtung der x'-Achse eingestellt; deshalb wird durch den Kristall hindurchgehendes Licht 28 von der Änderung des Brechungsindex beeinflußt, die durch Gleichung (4) hinsichtlich der z-Achse des angelegten elektrischen Felds Ez dargestellt wird.

Die Dicke des Kristalls in Richtung der z-Achse ist konstant und der erste und zweite transparente Elektroden-30 teil sind auf der Oberfläche des Kristalls so vorgesehen, daß sie ein elektrisches Feld in Richtung der z-Achse entsprechend der an die Elektrodenteile angelegten Spannung erzeugen. Die Elektroden 22₁, 22₂ 22_n in dem ersten transparenten Elektrodenteil 22 haben dieselbe Breite und 35 sind als konzentrische Ringe ausgebildet. Sie sind mit derselben Abstandsteilung angeordnet und elektrisch voneinander isoliert. Leitungsdrähte von den entsprechenden Ringelektroden sind mit dem Energiequellenteil 26 verbun-

1 den.

Wie in Fig. 5 gezeigt weist der Energiequellenteil 26.
eine variable Spannungsquelle 27, in Serie geschaltete
5 Widerstände $R_1, R_2 \dots R_n$ sowie Leitungsdrähte $23_1,$
 $23_2 \dots 23_n$ auf, die sich von den Widerständen her er-
strecken. Der Widerstandswert des m-ten Widerstands R_m
wird durch den folgenden Ausdruck gegeben:

10 $R_m = \frac{R}{2} + R (m - 1) \dots \dots \dots (6)$

Hierbei ist R eine optische Konstante.

Das Potential V_m am m-ten Leitungsdraht (Herauslei-
15 tungsdraht) 23_m ist proportional zu der Spannung V der
variablen Energiequelle und zu $\sum_{m=1}^m R_m$. Aus Gleichung (6)
ergibt sich, daß $\sum_{m=1}^m R_m = \frac{1}{2} m^2 R$ ist. Deshalb gilt

20 $V_m \propto m^2 \cdot V \dots \dots \dots (7)$

Das Potential V_m wird an die transparente Ringelek-
trode 22_m angelegt und ein zu V_m proportionales elektri-
sches Feld an der Ringfläche der transparenten Elektrode
in z-Richtung des Kristalls aufgebaut. r sei der Radius-
25 abstand vom Mittelpunkt des Kristalls. Wie man an den
Gleichungen (2) und (7) sieht, ist m proportional zu r.
Deshalb ist die Verteilung des Brechungsindex des Kri-
stalls für einen in x'-Richtung polarisierten Strahl 28
gegeben durch:

30 $n = n_0 (1 - \frac{1}{2} A r^2) \dots \dots \dots (8)$

Hierbei ist A eine Funktion $A(V)$ der variablen Quellen-
spannung V. Wie allgemein bekannt ist, ist die Wellen-
35 länge einer Linse mit der Brechungsindexverteilung, wie
sie durch Gleichung (8) gegeben ist, allgemein gegeben
durch:

23.03.82

$$f = \frac{1}{n_0 \sqrt{A} \sin(\sqrt{A} \ell)} \dots \quad (9)$$

5 Hierbei ist ℓ die Dicke des Kristalls 21 in Richtung der z-Achse.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, zeigt die Linse, die den in diesem Ausführungsbeispiel gezeigten optischen 10 Kristall verwendet, eine sammelnde Wirkung und ihre Brennweite kann leicht und kontinuierlich dadurch geändert werden, daß die Spannung V der variablen Spannungsquelle gesteuert wird.

15 Der Aufbau der Elektrode 22 und des Energiequellen- teils ist nicht auf den in den Fig. 4 und 5 gezeigten beschränkt. Auch andere Aufbauten können verwendet werden, vorausgesetzt daß die gewünschte quadratische Verteilung des Potentials erhalten werden kann. Ferner können bei 20 diesem Ausführungsbeispiel andere elektrooptische Kristalle als KH_2PO_4 -Kristalle verwendet werden. Sogar wenn Kristalle mit einem quadratischen elektrooptischen Effekt (Kerr-Effekt) verwendet werden, kann eine Linsenwirkung ähnlich der Obigen dadurch erzielt werden, daß die Potentialverteilung proportional zum Radius r gemacht wird. Es ist offensichtlich, daß die Polarisationsplatte 25 vor 25 oder hinter dem Kristall 21 angeordnet werden kann.

Im folgenden soll ein zweites Ausführungsbeispiel beschrieben werden, das eine Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels ist.

Das zweite Ausführungsbeispiel beruht auf der Realisierung, wenn die beim ersten Ausführungsbeispiel gezeigte Polarisationsplatte so eingestellt ist, daß die Polarisationsrichtung der Polarisationsplatte in Richtung der y'-Achse zeigt, eine zerstreuende Konkavlinse bei Verwendung derselben Potentialverteilung erhalten werden

1 kann. Natürlich liegt eine derartige Konkavlinse auch im Bereich der vorliegenden Erfindung.

Gemäß dem auf dieser Realisierung beruhenden zweiten
5 Ausführungsbeispiel kann die Vorzeichenumschaltung der Linsenbrechkraft von positiv auf negativ und zurück, die gemäß dem Stand der Technik sehr schwierig zu realisieren ist, unverzüglich lediglich dadurch erreicht werden, daß die Polarisationsrichtung der Polarisationsplatte umgeschaltet wird.
10

Genauergesagt weist das zweite Ausführungsbeispiel zusätzlich zu den in Fig. 4 gezeigten Elementen eine Einrichtung auf, die die Polarisationsplatte um 90° dreht.
15 Diese Dreheinrichtung kann eine herkömmliche mechanische Einrichtung oder eine andere bekannte Einrichtung sein, die zu diesem Zweck nützlich ist. Durch reversibles Drehen der Polarisationsplatte um 90° oder ein ganzzahliges Vielfaches hiervon, wird die Polarisationsrichtung des durch
20 den Kristall hindurchgehenden Lichts geändert, so daß von sammelnder auf zerstreuende Linsenwirkung et. vice versa umgeschaltet wird. Auch im Falle einer zerstreuenden Linse hängt die Brennweite kontinuierlich von der Quellenspannung V ab.

25

Fig. 6 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel ist auf eine konkrete Form der "Herausleitdrähte" und des Energiequellenteils des ersten Ausführungsbeispiels gerichtet.

30

In der Figur ist 21 ein KH_2PO_4 -Kristall mit einem linearen elektrooptischen Effekt (Pockels-Effekt), 22 ein erster transparenter Elektrodenteil, der aus einer Zahl von konzentrischen ringförmigen transparenten Elektroden
35 22₁, 22₂ 22_n besteht; 23₁, 23₂ 23_n sind Leitungsdrähte. Mit 24 ist ein ebener zweiter transparenter Elektrodenteil bezeichnet, mit 25 eine Polarisationsplatte, mit 27 eine variable Spannungsquelle, mit 28 ein ein-

DE 1986

-15-

1 fallender Lichtstrahl und mit 29 eine transparente Isolationsschicht. Ähnlich dem ersten Ausführungsbeispiel wird auch bei diesem Ausführungsbeispiel ein geneigtes elektrisches Feld durch die transparenten konzentrischen ringförmigen Elektroden 22_1 , 22_2 22_n zur Erzeugung einer sammelnden Linsenwirkung angelegt. Die Änderung der Brennweite wird durch Steuern der Spannung V der variablen Spannungsquelle erzielt.

10 Fig. 7 zeigt eine vergrößerte Aufsicht der in Fig. 6 gezeigten Linse mit variabler Brennweite, Fig. 8 einen Querschnitt bei der Linie A-A' in Fig. 7.

Wie man aus diesen Figuren erkennt, sind die ringförmigen transparenten Elektroden 22_1 , 22_2 22_n des ersten Elektrodenteils 22 auf der ersten Fläche des elektrooptischen Kristalls 21 angeordnet. Auf der zweiten Fläche, die der ersten Fläche des Kristalls gegenüberliegt, ist der ebene zweite Elektrodenteil 24 vorgesehen, der das gesamte Gebiet der zweiten Fläche bedeckt. Die zweite transparente Elektrode 24 ist mit dem Bezugspotential verbunden (geerdet). Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die erste Fläche des Kristalls, auf der die transparenten ringförmigen Elektroden konzentrisch angeordnet sind, von einer transparenten Isolationsschicht 29 bedeckt. Leitungsdrähte 23_1 , 23_2 , 23_n sind auf der Außenfläche der transparenten Isolationsschicht vorgesehen. Die transparenten ringförmigen Elektroden und die entsprechenden Leitungsdrähte sind durch in der Schicht vorhandene Löcher verbunden. In Fig. 8 ist lediglich ein Paar, bestehend aus einer Elektrode 22_1 und einem Leitungsdrähten 23_1 gezeigt. Die anderen aus ringförmigen Elektroden 22_m und Leitungsdrähten 23_m bestehenden Paare sind in derselben Weise verbunden.

35

Bei diesem Ausführungsbeispiel schneiden sich deshalb die transparenten ringförmigen Elektroden und die entsprechenden Leitungsdrähte dreidimensional. Dieses Ver-

1 bindungsverfahren bringt verschiedene Vorteile mit sich.
Die Leitungsdrähte können sehr einfach herausgeführt werden und mit den konzentrischen ringförmigen transparenten Elektroden in einfacher Weise verbunden werden. Im allgemeinen stört das elektrische Feld, das von den Leitungsdrähten erzeugt wird, die ideale axialsymmetrische Verteilung des elektrischen Felds. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird jedoch die Intensität des elektrischen Felds innerhalb des Kristalls, das von den Leitungsdrähten herührt, auf ein Ausmaß verringert, das der Dicke der Isolationsschicht entspricht. Deshalb wird die von den Leitungsdrähten hervorgerufene Störung der elektrischen Feldverteilung stark verringert. Dies ist ein weiterer Vorteil dieses Ausführungsbeispiels. Durch Vorsehen der Isolationsschicht ist die Befestigungsfläche für die Elektroden von der Befestigungsfläche für die Leitungsdrähte verschoben. Dies hat den besonderen Vorteil, daß ein unerwünschter Kontakt und eine Störung zwischen den Leitungsdrähten und den Elektroden und/oder Zwischenleitungsdrähten und Leitungsdrähten vollständig für jedes Muster der Elektrodenanordnung vermieden werden kann.

Wie in Fig. 7 gezeigt, weist dieses Ausführungsbeispiel Dünnfilmwiderstände R_1 , R_2 , ..., R_n auf, die jeweils zwischen zwei Leitungsdrähten auf der Oberfläche, die den Leitungsdrähten des transparenten Isolationsfilms gegenüberliegt, vorgesehen sind. Die Breite und die Dicke dieser Dünnfilmwiderstände ist so gewählt, daß sie Widerstandswerte entsprechend Gleichung (6) haben, wie sie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel verwendet werden. Auf diese Weise sind bei diesem Ausführungsbeispiel die Widerstände in die Linse selbst eingebaut. Deshalb kann bei diesem Ausführungsbeispiel ein äußerst kompakter Aufbau realisiert werden.

35 Das Ausführungsbeispiel ist zwar vorstehend für den Fall einer axialsymmetrischen Feldverteilung beschrieben worden, es versteht sich aber von selbst, daß dieses Aus-

1 führungsbeispiel auch bei anderen Elektrodenmustern an-
wendbar ist. Auch können als Elektrode 22 und Energie-
quelle 27 andere Anordnungen als die in Fig. 6 gezeigten
verwendet werden. Erforderlich ist lediglich, eine quadra-
5 tische (rechteckförmige) Potentialverteilung zu erzeugen.
Ferner versteht es sich, daß andere elektrooptische Kri-
stalle als KH_2PO_4 -Kristalle zur Verwirklichung der vor-
stehend gegebenen Lehre verwendet werden können. Sogar
wenn Kristalle mit einem quadratischen elektrooptischen
10 Effekt (Kerr-Effekt) verwendet werden, kann eine gute
Linsenwirkung, die zu der obigen äquivalent ist, dadurch
erzielt werden, daß die Potentialverteilung proportional
zum Radius r ausgeführt wird. Es ist offensichtlich, daß
die Polarisationsplatte 25 vor dem Kristall 41 oder hin-
15 ter ihm angeordnet werden kann.

Fig. 9 zeigt ein vierter Ausführungsbeispiel der Er-
findung. Dieses Ausführungsbeispiel zeichnet sich durch
eine kontinuierliche Schicht aus einer elektroleitenden
20 Substanz 33 zwischen der inneren Elektrode 30 und der
äußeren Ringelektrode 31 aus. Die innere Elektrode 30,
die auf der Kristalloberfläche vorgesehen ist, liegt auf
der optischen Achse des einfallenden Lichts. Die äußere
Ringelektrode 31 hat einen Radialabstand von der inneren
25 Elektrode. Beim Abstand r von der inneren Elektrode 30
hat die Ringfläche der leitenden Schicht die Breite dr
entsprechend dem Radialabstand r . Die Dicke und die Dic-
hte jedes Ringgebiets dr ist hinsichtlich der Breite der-
art eingestellt, daß der Leitungswiderstand des Ringge-
30 biets proportional zum Radialabstand r ist. Wenn deshalb
eine bestimmte Spannung an das Gebiet zwischen den beiden
Elektroden 30 und 31 angelegt wird, wirkt der Kristall
als Linse, da das Potential an jedem Punkt der leitenden
Schicht proportional zum Quadrat von r ist.

35

Da sich die Potentialverteilung, d.h. die Feldvertei-
lung bei diesem Ausführungsbeispiel kontinuierlich ändert,
ergibt sich eine sehr gute Linsenqualität.

1 Die vorliegende Erfindung ist exemplarisch für eine zweidimensionale Linse mit variabler Brennweite und äußerst einfachem Aufbau beschrieben worden.

5 Das Merkmal, das eine große Linsenöffnung bei niedriger Spannung erzielbar ist, ist auch zur Erzeugung einer eindimensionalen Linse unter Verwendung eines elektrooptischen Kristalls vorteilhaft. Beispielsweise kann eine eindimensionale Linse mit variabler Brennweite dadurch erhalten werden, daß ein geneigtes elektrisches Feld an einen elektrooptischen Kristall mittels einer Vielzahl von schlitzförmigen Elektroden in Richtung parallel zur Richtung des einfallenden Lichts angelegt wird. Wie man leicht sieht, sind im vorliegenden allgemeinen Erfindungsgedanken
10 15 alle Linsen mit variabler Brennweite, die einen elektrooptischen Kristall verwenden, und bei denen die Anlage des elektrischen Felds an den Kristall in Richtung parallel zur Einfallsrichtung des Lichts erfolgt, eingeschlossen.

20

Die vorstehende Beschreibung hat gezeigt, daß erfindungsgemäß eine neuartige Ausbildung einer Linse mit variabler Brennweite beschrieben worden ist, die einen elektrooptischen Kristall verwendet und die einen äußerst einfachen Aufbau hat und als zweidimensionale Linse sowie als Linse mit großer Öffnung bei niedriger Spannung verwendbar ist.

Beschrieben wird eine neuartige Ausbildung einer
30 Linse mit variabler Brennweite. Ein elektrisches Feld mit einer Intensitätsverteilung, das in einer Ebene senkrecht zu der Richtung des einfallenden Lichts geneigt ist, wird an einen elektrooptischen Kristall zur Erzeugung einer Brechungsindexverteilung mit Linsenwirkung in dem Kristall angelegt. Die Brennweite der Linsenwirkung wird durch Ändern des angelegten elektrischen Feldes geändert.

19
Leerseite

THIS PAGE BLANK (USPTO)

3210629

- 23 -

Nummer: 3210629
Int. Cl. 3: G 02 F 1/29
Anmeldetag: 23. März 1982
Offenlegungstag: 28. Oktober 1982

FIG. 1

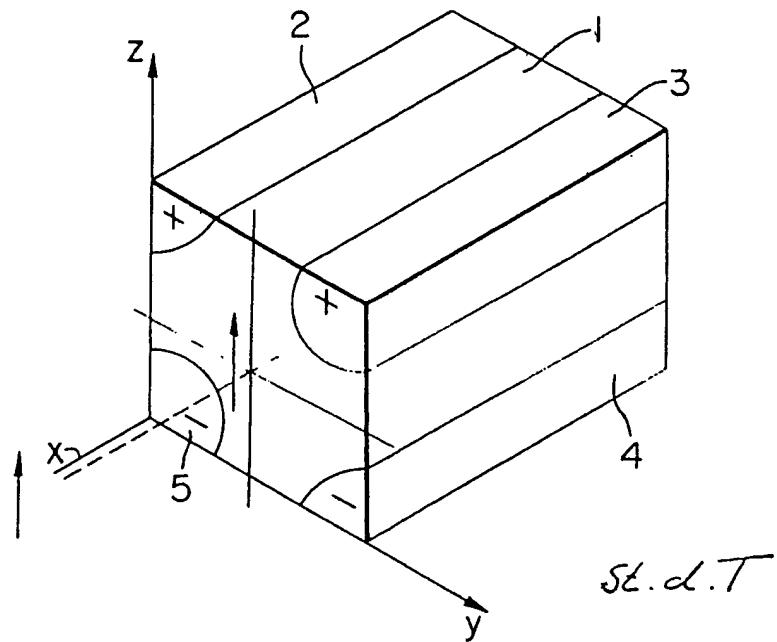


FIG. 2

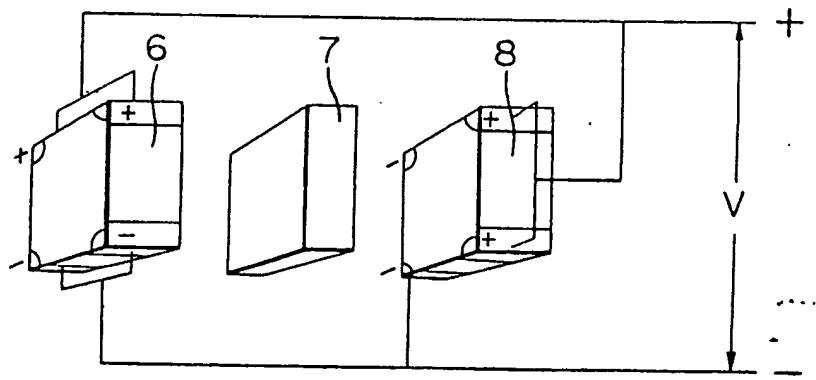


FIG. 3

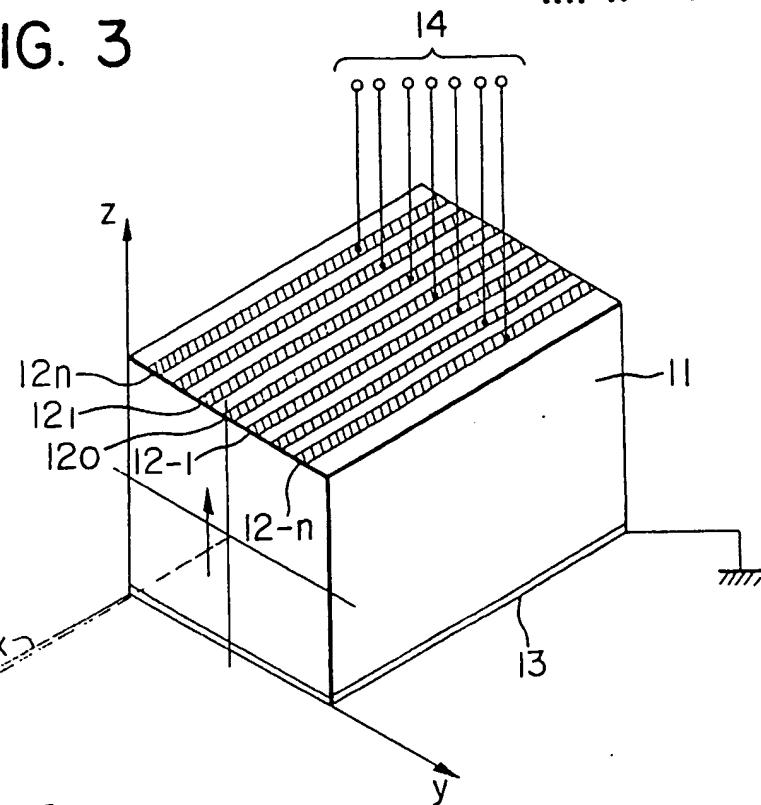
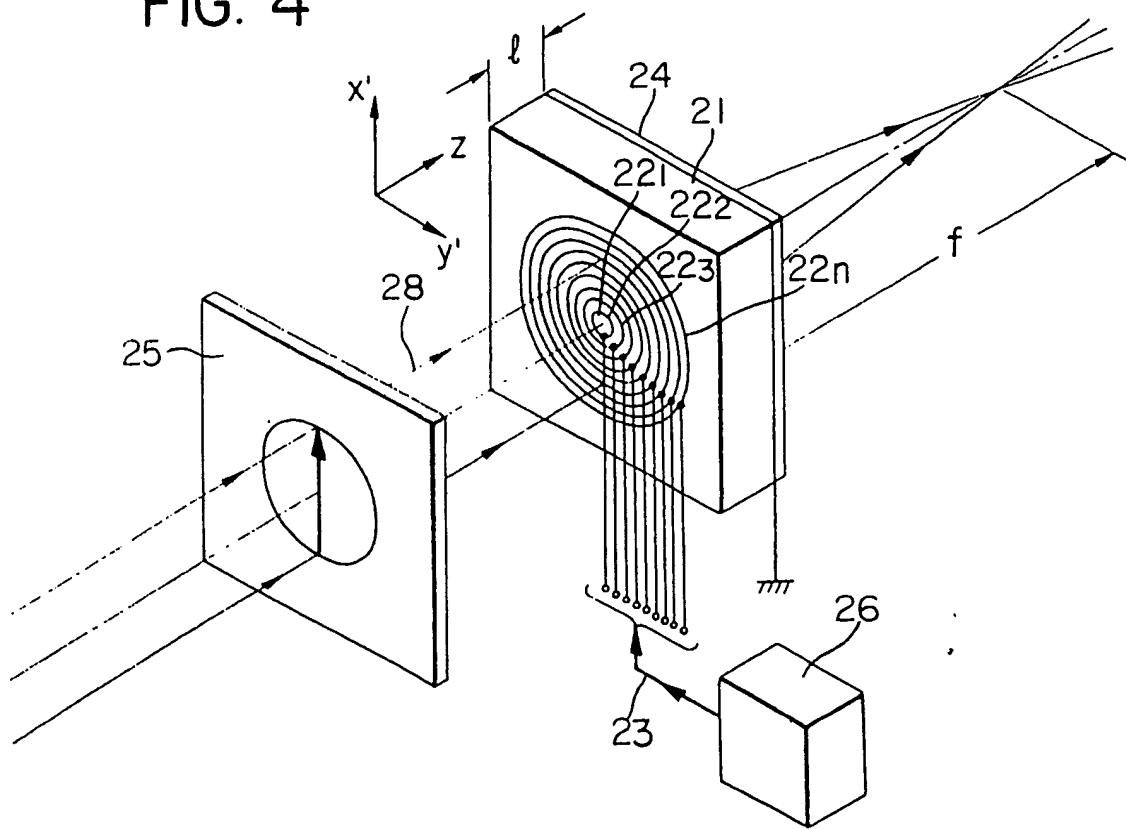


FIG. 4



20.00.00

FIG. 5

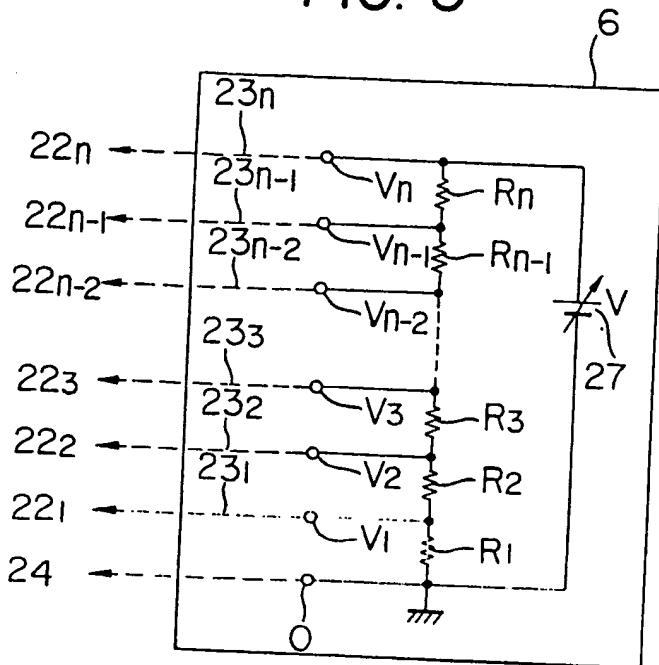


FIG. 6

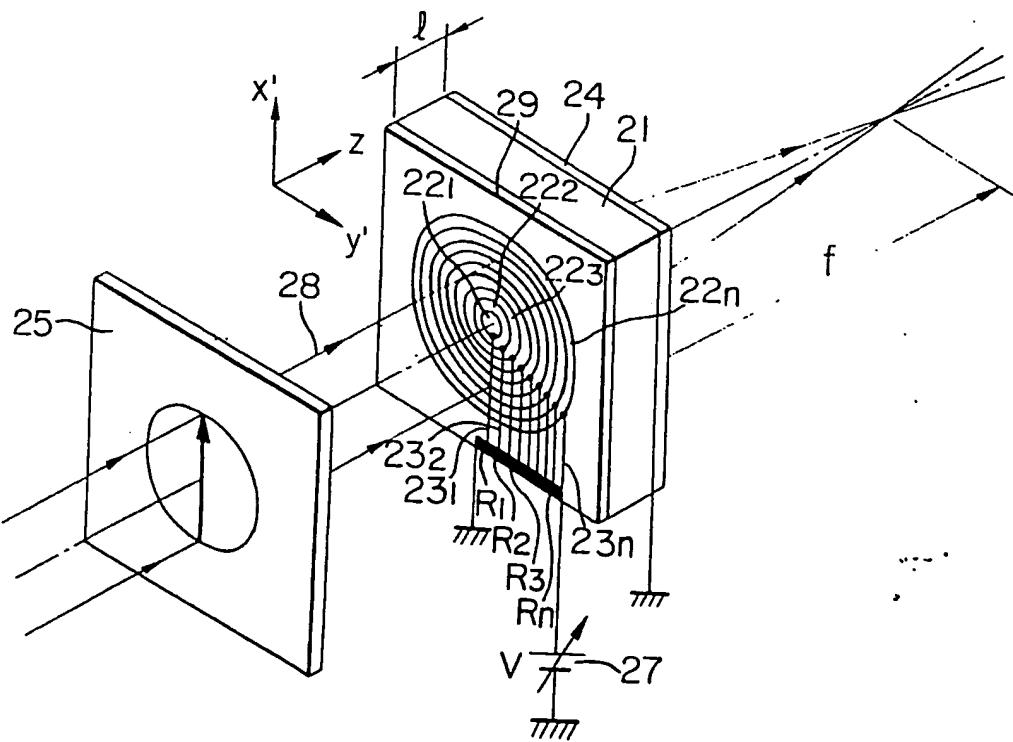


FIG. 7

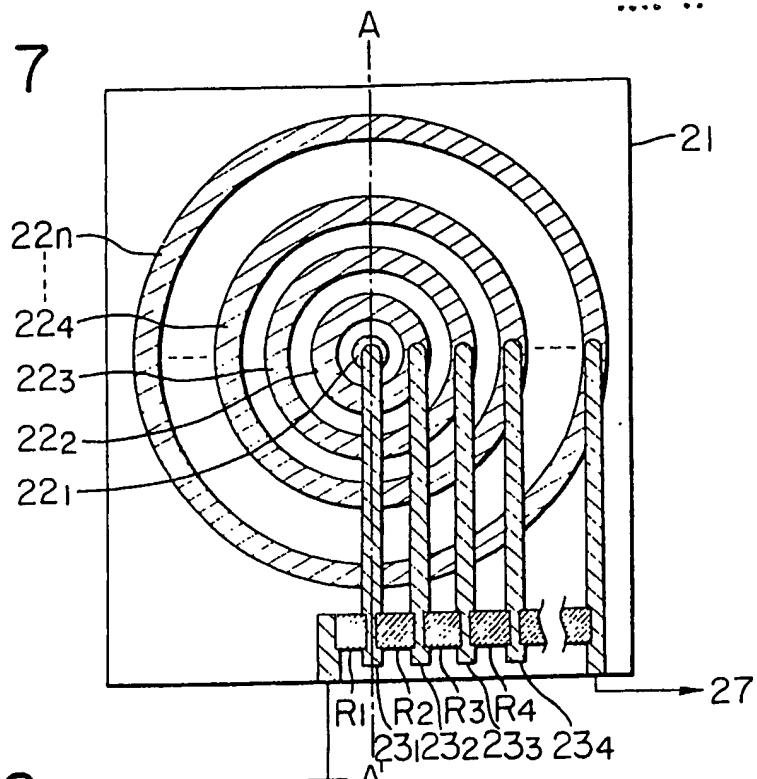


FIG. 8

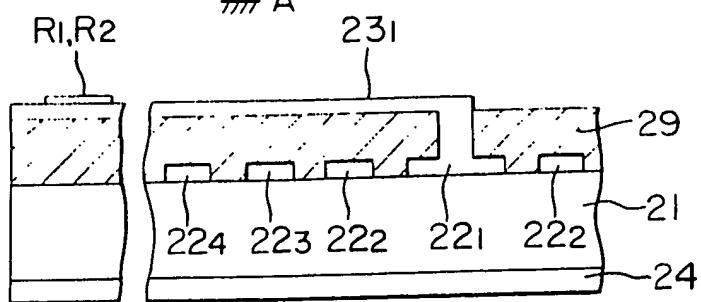


FIG. 9

